




Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

 **Aktenzeichen:** 103 06 145.2

Anmeldetag: 14. Februar 2003

Anmelder/Inhaber: Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

Bezeichnung: Verfahren zur Steuerung eines Direktstarts eines
Verbrennungsmotors

IPC: F 02 N 17/00

 Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 22. Dezember 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag



Nitschke

5 11.02.2003 CME/NEG
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren zur Steuerung eines Direktstarts eines
Verbrennungsmotors

15 Die Erfindung betrifft Verfahren zum Direktstart eines
Verbrennungsmotors mit direkter Einspritzung von Kraftstoff
in mit Luft gefüllte Brennräume des Verbrennungsmotors.

Herkömmliche Verbrennungsmotoren mit Direkteinspritzung
können beim Kaltstart nur durch Betätigung eines
20 elektrischen Starters in Verbindung mit einer erhöhten
Kraftstoff-Einspritzmenge gestartet werden, da durch die
kalten Temperaturen die Gemischaufbereitung in den
Zylindern nur unzureichend ist. Zur Kompensation wird die
Kraftstoffmenge, die sich als Kraftstofffilm an den kalten
25 Zylinder- bzw. Kolbenwänden niederschlägt, durch eine
gezielt dosierte Mehrmenge bei den einzelnen Einspritzungen
ersetzt, um genügend Kraftstoff für die Gemischbildung mit
der kalten Luft in den Zylindern für eine vordefinierte
Gemischzusammensetzung ($\lambda=1$; <1 ; oder >1)
30 bereitzustellen.

Der Kraftstofffilm an den Zylinder- und Kolbenwänden kann
beim Kaltstart jedoch nicht oder nur unvollständig
verdampfen und nimmt somit nicht direkt an der Verbrennung
35 teil. Dies führt beim anschließenden Ausstoßtakt zu

erhöhten HC-Rohemissionen im Abgas, die durch den noch kalten Katalysator nicht ausreichend konvertiert werden können. Zusätzlich wird durch die für den Kaltstart notwendige Kraftstoff-Mehrmenge der spezifische Kraftstoffverbrauch des Fahrzeugs erheblich erhöht. Die schlechte Gemischaufbereitung und die erhöhte Motorölviskosität sind zudem die Hauptursachen für den im Kaltstart im Vergleich zu einem Start mit betriebswarmem Verbrennungsmotor langsameren Motorhochlauf auf die gewünschte Leerlaufdrehzahl.

Zum Starten von Verbrennungsmotoren mit direkter Einspritzung sind Verfahren bekannt, die den Verbrennungsmotor ohne elektromotorischen Starter in Bewegung versetzen. Hierzu wird in den Brennraum, dessen zugehöriger Kolben in Arbeitsstellung steht, eine für die Verbrennung notwendige Menge Kraftstoff im Stillstand des Verbrennungsmotors eingespritzt und gezündet.

Ein solcher Verbrennungsmotor und ein solches Verfahren sind aus der DE 197 43 492 A1 bekannt.

Besonders bei Verbrennungsmotoren mit Direkteinspritzung und einer darauf basierenden Start-Stopp-Funktionalität stellt der oben beschriebene Sachverhalt ein massives Problem für den Startvorgang bei tiefen Temperaturen dar.

Die wesentlichen Herausforderungen bei einem solchen Start resultieren auch hier aus der Gemischaufbereitung in den kalten Brennräumen, in denen die im Stillstand in den Brennräumen eingeschlossene Luft mit dem eingespritzten Kraftstoff ein zündfähiges Kraftstoff/Luft-Gemisch ergeben soll. Bei unzureichender Gemischaufbereitung kann das Gemisch im Extremfall nicht gezündet werden. Selbst bei einer erfolgreichen Zündung besteht die Gefahr, dass die

eingespritzte Kraftstoffmasse nur teilweise verbrennt und damit nur einen unzureichenden Drehmomentbeitrag liefert. Gerade beim Kaltstart kommt dieser Problematik aufgrund der kalten Luft im Zylinder sowie aufgrund der kalten Zylinderwände und Kolbenwände eine hohe Bedeutung zu. Zusätzlich zu diesem Effekt, der das aus Verbrennungen resultierende Drehmoment verringert, tritt das Problem auf, das der Verbrennungsmotor beim Kaltstart aufgrund der erhöhten Motorölviskosität und den dadurch verursachten erhöhten Reibleistungsverlusten eigentlich ein erhöhtes Drehmoment für einen schnellen und zuverlässigen Drehzahlanstieg beim Kaltstart benötigt.

Vor diesem Hintergrund besteht die Aufgabe der Erfindung in der Angabe eines Verfahrens, dass einen Start-Stopp-Betrieb eines mit Direktstart arbeitenden Verbrennungsmotors mit Direkteinspritzung auch bei tiefen Temperaturen ermöglicht, indem sichergestellt wird, dass die erzeugte Verbrennungsenergie sowohl die Kompressionsarbeit als auch die höhere Reibungsarbeit übertrifft, um den Motor schnell and zuverlässig starten zu können, so dass der Verkehrsfluss nicht beeinträchtigt wird. Die Aufgabe erstreckt sich auch auf die Angabe eines Steuergerätes, das dieses Verfahren steuert.

Diese Aufgabe wird bei einem Verfahren der eingangsgenannten Art dadurch gelöst, dass bei einer Starttemperatur unterhalb eines vorbestimmten Schwellenwertes wenigstens eine Maßnahme zur verbesserten Verdampfung des Kraftstoffes in den Brennräumen ausgelöst wird.

Vorteile der Erfindung

Durch diese Merkmale wird die genannte Aufgabe vollkommen

gelöst. Speziell in einer erweiterten Start-Stopp-Funktion, bei dem der „stop and go“-Betrieb des Fahrzeug auch auf tiefe Temperaturen unter Null Grad Celsius ausgedehnt wird, liefern diese Merkmale eine zielführende Abhilfe für die geschilderte Problematik. Wenn ein solcher Direktstart 5 trotzdem nicht durchführbar sein sollte, ermöglicht die Erfindung zumindest, dass der Kaltstartvorgang mit nur minimalem Einsatz einer Starthilfe, beispielsweise eines elektrischen Starters, erfolgreich durchgeführt werden 10 kann.

Die Vorteile werden dadurch erreicht, dass aufgrund der besseren Verdampfung der Kraftstofftröpfchen eine bessere Gemischaufbereitung erzielt wird. Bei einer nachfolgenden 15 Zündung wird daher ein größerer Anteil der eingespritzten Kraftstoffmasse verbrannt. Daraus resultiert eine verbesserte Drehmomententwicklung.

Wegen der besseren Gemischaufbereitung kann die für den 20 Kaltstart notwendige Kraftstoff-Mehrmenge deutlich reduziert werden oder sogar entfallen.

Es ist bevorzugt, dass die wenigstens eine Maßnahme eine vor dem Direktstart erfolgende Erhöhung der 25 Brennumraumtemperatur umfasst.

Diese Ausgestaltung besitzt den Vorteil, dass ein Wandfilm, der sich trotz der reduzierten Kaltstart-Kraftstoffmenge bei der Einspritzung gegebenenfalls noch ausbildet, bei 30 erhöhter Brennumraumtemperatur verstärkt abdampft. Der Dampf wird damit dem Verbrennungsvorgang zugeführt und gelangt anschließend beim Ausstoßtakt nicht als unverbranntes HC in die Umgebungsluft. Die Rohemissionen des Verbrennungsmotors werden damit stark reduziert.

Weiter ist bevorzugt, dass zur Erhöhung der Brennraumtemperatur wenigstens einer der folgenden Schritte ausgelöst wird:

- 5 - Einblasen von vorgewärmter Luft in Brennräume des Verbrennungsmotors;
 - Aktivieren einer im Zylinderkopf angeordneten Heizvorrichtung;
 - Aktivieren einer Heizvorrichtung in Zylinderwänden des Verbrennungsmotors;
 - 10 - Aktivieren einer Heizung des Kühlwasserkreislaufes und Umwälzen des Kühlmittels mit einer Umwälzpumpe; und
 - Aktivierung einer Heizung von Kolbenböden des Verbrennungsmotors.
- 15 Diese Ausgestaltungen besitzen den Vorteil, dass sie einer Wandfilmbildung direkt entgegenwirken, da eine erhöhte Wandtemperatur auf jeden Fall die Abdampfung erhöht und gleichzeitig die Kondensation von Kraftstoff verringert.
- 20 Als zusätzlicher Effekt tritt eine lokale Erwärmung des Motoröls im Bereich des Brennraums auf, die das beim Start zur Überwindung der Haftreibung notwendige Losbrechmoment verringert.

Bevorzugt ist auch, dass der in Brennräume des Verbrennungsmotors einzuspritzende Kraftstoff vor der

25 Einspritzung erwärmt wird.

Durch diese Maßnahme wird eine besonders schnell wirksame und energieeffiziente Verbesserung der Verdampfung erzielt, da nur wenig Masse aufzuheizen ist und die zugeführte Wärme direkt dem zu verdampfenden Kraftstoff zugeführt wird.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung sieht vor, dass eine Heizung von Einspritzventilen und/oder von anderen kraftstoffführenden Bereichen aktiviert wird.

- 5 Mit dieser Ausgestaltung lassen sich die vorgenannten Vorteile verstärken, da insbesondere bei einer Beheizung der Einspritzventile direkt vor den Brennräumen geheizt wird, so dass der aufgeheizte Kraftstoff vor der Einspritzung nur möglichst wenig Energie verliert.

- 10 Bevorzugt ist auch, dass zusätzlich eine Heizung eines Schmiermittelkreislaufes des Verbrennungsmotors aktiviert wird.

- 15 Diese Maßnahme verringert die Viskosität des Schmiermittels und verringert damit die inneren Reibungsverluste, was den Drehmomentbedarf des Verbrennungsmotors bei einem Start in erwünschter Weise verringert.

Eine weitere bevorzugte Ausgestaltung sieht vor, dass die Maßnahme vor einem Start des Verbrennungsmotors aktiviert wird.

- 20 Dabei ist bevorzugt, dass die Maßnahme durch einen vor dem Start liegenden Vorgang, der einem Start notwendig vorausgeht, ausgelöst wird.

Besonders bevorzugt ist in diesem Zusammenhang, dass die Maßnahme durch ein Fernbedienungssignal zur Öffnung einer Tür des Kraftfahrzeugs ausgelöst wird.

- 25 Durch diese Maßnahme kann bereits der erste Startvorgang von den vorgenannten Vorteilen profitieren. Insbesondere die Auslösung durch das Fernbedienungssignal sorgt dafür, dass die Zeit, die für die Heizmaßnahmen vor einem Start zur Verfügung steht, möglichst groß ist. Prinzipiell können
30 die Heizmaßnahmen auch durch beliebige, vordefinierte

Zeitpunkte ausgelöst werden.

Bevorzugt ist auch, dass alternativ oder ergänzend zu den vorstehend genannten Maßnahmen wenigstens bei der ersten für einen Direktstart erfolgenden Einspritzung ein

- 5 Startkraftstoff eingespritzt wird, der einen höheren Dampfdruck besitzt als der für den weiteren Betrieb des Verbrennungsmotors im Folgenden eingespritzte Kraftstoff.

Die Verwendung von Kraftstoff mit höherem Dampfdruck,

- 10 beziehungsweise mit einem erhöhten Anteil an leichtflüchtigen Komponenten (wie z.B. HC- oder Alkoholanteile) mit hohem Dampfdruck trägt besonders unmittelbar zu einer verstärkten Verdampfung und damit zu einer verbesserten Gemischbildung bei. Dieser
- 15 Startkraftstoff wird ausschließlich zum Starten des Verbrennungsmotors verwendet. Anschließend wird auf den Betrieb mit herkömmlichem Kraftstoff umgeschaltet.

Als Startkraftstoff kann beispielsweise Wasserstoff

- 20 verwendet werden, der während einer vorhergehenden Fahrt durch eine on board, also eine im Fahrzeug erfolgende Elektrolyse aus mitgeführtem Wasser erzeugt wird. Der Wasserstoff kann bis zum nachfolgenden Start in einem Druckspeicher gespeichert werden und beim Start mit
- 25 Sauerstoff aus der Umgebungsluft verbrannt werden.

Alternativ oder ergänzend zur Zufuhr von Luftsauerstoff kann auch Sauerstoff zugeführt werden, der während der Elektrolyse neben dem Wasserstoff erzeugt wurde und in einem weiteren Druckspeicher gespeichert wurde.

30

Der Einsatz von leichtflüchtigen Startkraftstoffen mit hohem Dampfdruck hat den Vorteil, dass er bei Umgebungsdruck, wie er vor dem Startvorgang in den Zylindern vorliegt, bereits weitestgehend in der Dampfphase

vorliegt, bzw. bei eventueller Wandfilmbildung an den Zylinder- und Kolbenwänden leichter wieder verdampft and so schneller der Verbrennung zugeführt werden kann als herkömmlicher Kraftstoff. Diese Maßnahme reduziert sowohl
5 die Start-Rohemissionen als auch den spezifischen Kraftstoffverbrauch des Verbrennungsmotors.

Es ist weiter bevorzugt, dass bei einem Verbrennungsmotor mit mehreren Zylindern zunächst eine Verbrennung in einem
10 Zylinder ausgelöst wird, der sich im Kompressionstakt befindet, so dass eine Kurbelwelle des Verbrennungsmotors zunächst entgegengesetzt zu ihrer normalen Drehrichtung beschleunigt wird, was eine Kompression in einem Zylinder bewirkt, der sich im Arbeitstakt befindet, und dass dann
15 eine Verbrennung in diesem Zylinder ausgelöst wird, die die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors in ihrer normalen Drehrichtung beschleunigt.

Diese Ausgestaltung bewirkt eine Verdichtung und eine damit einhergehende Temperatursteigerung der Brennraumfüllung in
20 dem Zylinder, der sich im Arbeitstakt befindet. Durch die Verdichtung wird zusätzlich zu der Erwärmung auch eine Bewegung der Füllung des Brennraums erzielt. Beide Effekte zusammen, also die Erwärmung und Bewegung, verbessern die Gemischaufbereitung in diesem Zylinder erheblich, so dass
25 dieser Zylinder bei der ersten Verbrennung bereits ein kräftiges Drehmoment liefert, dass den Verbrennungsmotor auch im kalten Zustand ohne oder jedenfalls mit verringerter Unterstützung eines zusätzlichen Elektrostarters anlaufen lässt.

30 In einer bevorzugten Ausgestaltung werden die Einspritzungen in die Zylinder, die sich im Kompressionstakt und Arbeitstakt befinden, mengenmäßig so aufeinander abgestimmt, dass der Arbeitstaktzylinder das größere Drehmoment bereitstellt. Auch die Zündung wird in

den betroffenen Zylindern entsprechend gesteuert.

Bevorzugt ist auch, dass das Steuergerät zur Steuerung eines Direktstarts eines Verbrennungsmotors wenigstens eines der oben genannten Verfahren ausführt.

5

Als weitere Alternative können die genannten Maßnahmen auch kombiniert werden, wobei sie gerade in Kombination besonders wirkungsvoll zur Ausdehnung des Start-Stopp-Betriebs auf tiefe Temperaturen des Verbrennungsmotors beitragen.

10

Als weitere Alternative können die soeben beschriebenen Maßnahmen bei Systemen mit Direktstart- und Start-Stopp Funktionalität jeweils einzeln oder auch zusammen mit einer Mehrfacheinspritzung des Kraftstoffes in der Vorstartphase verwendet werden.

15

Weiterhin können diese Maßnahmen und deren Kombinationen auch bei Verbrennungsmotoren ohne direkte Kraftstoffeinspritzung verwendet werden, um den Startvorgang bei tiefen Temperaturen zu begünstigen.

20

Weitere Vorteile ergeben sich aus der Beschreibung und den beigefügten Figuren.

Es versteht sich, dass die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

30

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in den Zeichnungen dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung

näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 schematisch die Gesamtansicht eines
Verbrennungsmotors im Teilschnitt zusammen mit
5 Mitteln zur Verbesserung der
Kraftstoffverdampfung in Brennräumen des
Verbrennungsmotors;

Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen
10 Verfahrens in vereinfachter Form als
Flussdiagramm;

Fig. 3 ein alternatives oder ergänzendes weiteres
Ausführungsbeispiel der Erfindung, ebenfalls als
15 Flussdiagramm; und

Fig. 4 schematisch verschiedene Positionen von Kolben
eines Verbrennungsmotors zur Erläuterung des
Ausführungsbeispiels nach der Fig. 3.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Die Ziffer 10 in der Figur 1 bezeichnet eine Gesamtansicht
eines Verbrennungsmotors 12 mit wenigstens einem Brennraum
25 14, der von einem auf einem Ölfilm 16 gleitenden Kolben 18
beweglich abgedichtet wird. Die Füllung des Brennraums 14
wird über Gaswechselventile ausgetauscht, die in der Figur
1 aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht dargestellt sind.
Ein Steuergerät 20 steuert die Funktionen des
30 Verbrennungsmotors 12, insbesondere einen Direktstart des
Verbrennungsmotors 12. Dazu steuert das Steuergerät 20
wenigstens ein Einspritzventil 22 und eine Zündkerze 24 pro
Brennraum 14 an.

Zur Erleichterung eines Direktstartes des Verbrennungsmotors 12 löst das Steuergerät 20 wenigstens eine Maßnahme zur verbesserten Verdampfung von Kraftstoff in dem wenigstens einen Brennraum 14 aus. Dazu kann das Steuergerät 20 bei einem ersten Start mit Hilfe einer Fernbedienung 26 aktiviert werden, die ein entsprechendes Signal 28 an das Steuergerät 20 aussendet. Die Fernbedienung 26 kann bspw. eine Funkfernbedienung sein, mit der die Türen eines Kraftfahrzeuges geöffnet werden.

Damit wird erreicht, dass das Steuergerät 20 die wenigstens eine Maßnahme zur verbesserten Verdampfung von Kraftstoff in Brennräume 14 des Verbrennungsmotors 12 bereits frühzeitig vor einem Start des Verbrennungsmotors 12 auslösen kann, so dass diese Maßnahme beim nachfolgenden Start des Verbrennungsmotors 12 bereits Ihre Wirkung entfaltet hat. Selbstverständlich ist die Auslösung dieser Maßnahme bei einem ersten Start nicht auf die Auslösung durch eine Funkfernbedienung zum Öffnen der Türen beschränkt. Geeignet ist vielmehr jede Maßnahme, die vor dem Start des Verbrennungsmotors 12 erfolgt. Daher kann z.B. das Öffnen einer Tür durch einen Türkontaktschalter oder das Gewicht des Fahrers durch einen Sitzkontaktschalter detektiert werden und zum Auslösen der erfindungsgemäßen Funktion verwendet werden. Alternativ kann auch das Einführen eines Zündschlüssels in ein Zündschloss oder irgendeine andere Maßnahme, die der Fahrer des Kraftfahrzeugs in Verbindung mit einem Start des Verbrennungsmotors 12 durchführt, zur Auslösung der erfindungsgemäßen Funktion verwendet werden.

Nach einem ersten Start werden weitere Starts in einem Start-Stopp-Betrieb beispielsweise durch ein Signal eines Sensors 29 ausgelöst, der mit einem Fahrpedal, einem Kupplungspedal oder einem Schalthebel des Kraftfahrzeugs

gekoppelt ist und Bewegungen, Stellungen oder Berührungen dieser Elemente durch den Fahrer detektiert.

Das Steuergerät 20 löst die erfindungsgemäße Maßnahme dann aus, wenn die Starttemperatur des Verbrennungsmotors 12 unterhalb eines vorbestimmten Schwellenwertes liegt. Zum Detektieren dieses Zustands kann dem Steuergerät 20 das Signal eines Temperatursensors 30 zugeführt werden, der bspw. in einem Kühlmittelmantel 32 des Verbrennungsmotors 12 angeordnet sein kann. Alternativ dazu kann aber auch ein Schmiermitteltemperatursensor oder eine Modellierung der Temperatur des Verbrennungsmotors 12 verwendet werden, die sich auf einen zeitlichen Abstand zu einer vorhergehenden Betriebsphase des Verbrennungsmotors 12 stützt. Auch die Temperatur der Ansaugluft des Verbrennungsmotors 12 kann zumindest ergänzend zur Auslösung der erfindungsgemäßen Funktion herangezogen werden, da die erfindungsgemäße Maßnahme insbesondere bei tiefen Ansauglufttemperaturen ihre Wirkung entfaltet.

Die erfindungsgemäße Maßnahme kann darin bestehen, dass über ein Heißluftgebläse 34 erhitzte Luft in den Brennraum 14 geblasen wird. Diese Maßnahme ist insbesondere dann von Vorteil, wenn das Einspritzventil 22 des Verbrennungsmotors 12 als sogenanntes luftumfasstes Einspritzventil ausgeführt ist. Bei solchen luftumfassten Einspritzventilen 22 wird die Zerstäubung des eingespritzten Kraftstoffs durch das parallele Einblasen von Luft weiter verbessert. Die Nutzung einer ggf. vorhandenen Luftumfassung zum Einblasen heißer Luft verbessert die Verdampfung von Kraftstoff im Brennraum 14 vor einem Direktstart des Verbrennungsmotors 12, ohne größere strukturelle Änderungen am Verbrennungsmotor 12 vornehmen zu müssen. Es ist lediglich eine Vorrichtung zur Aufheizung der Luft vorzusehen, die in der Figur 1 nicht

einzelnen dargestellt ist, sondern in das Heißluftgebläse 34 integriert ist.

Alternativ oder ergänzend kann der über das Einspritzventil 22 in den Brennraum 14 eingespritzte Kraftstoff durch eine Kraftstoff-Vorheizung 36 vorgewärmt werden. Die Kraftstoff-Vorheizung 36 umfasst dazu eine Heizwicklung 38, die entweder in das Einspritzventil 22 integriert ist oder die möglichst nah am Einspritzventil 22 die Zuleitung von Kraftstoff zum Einspritzventil 22 umfasst. Die Kraftstoff-Vorheizung 36 weist ferner eine Stromversorgung 40 auf, die über einen Schalter 42 mit der Heizwicklung 38 gekoppelt wird. Schalter 42 wird über die gestrichelt gezeichnete Wirkverbindung 43 vom Steuergerät 20 betätigt.

Weiter alternativ oder ergänzend kann die Maßnahme zur verbesserten Verdampfung des Kraftstoffes in Brennräumen 14 des Verbrennungsmotors 12 auch die Verwendung eines speziellen Startkraftstoffes umfassen, der sich durch einen im Vergleich zum Normalkraftstoff höheren Dampfdruck und eine damit einhergehende höhere Verdunstungsrate auszeichnet und der nur für den Start des Verbrennungsmotors 12 verwendet wird. Zu diesem Zweck sieht eine Ausgestaltung der Erfindung vor, dass eine Zuleitung 44 des Einspritzventils 22 über ein steuerbares 3-Wege-Ventil 46 alternativ mit einem ersten Kraftstoffvorratsbehälter 48 oder einem zweiten Kraftstoffvorratsbehälter 50 verbunden werden kann. Dabei wird das steuerbare 3-Wege-Ventil 46 vom Steuergerät 20 gesteuert. In der in Figur 1 gezeigten Stellung des steuerbaren 3-Wege-Ventils 46 wird das Einspritzventil 22 mit Startkraftstoff aus dem ersten Kraftstoffvorratsbehälter 48 versorgt. Nach einem erfolgten Start betätigt das Steuergerät 20 das 3-Wege-Ventil 46 so, dass die Verbindung der Zuleitung 44 nicht mehr zum ersten

Kraftstoffvorratsbehälter 48, sondern zum zweiten Kraftstoffvorratsbehälter 50 erfolgt, der den Kraftstoff für den Normalbetrieb des Verbrennungsmotors 12 enthält. Um zu verhindern, dass bei einem Umschalten von

5 Normalkraftstoff aus dem zweiten Kraftstoffvorratsbehälter 50 auf einen Startkraftstoff aus dem ersten Kraftstoffvorratsbehälter 48 noch Normalkraftstoff in der Zuleitung 44 vor dem Einspritzventil 22 bleibt, kann eine in der Figur 1 nicht dargestellte Rückleitung vom

10 Einspritzventil 22 zum zweiten Kraftstoffvorratsbehälter 50 vorgesehen sein, die eine Spülung der Zuleitung 44 mit Startkraftstoff erlaubt.

Weiter alternativ oder ergänzend kann die Maßnahme zur

15 verbesserten Verdampfung von Kraftstoff in Brennräumen 14 des Verbrennungsmotors 12 Maßnahmen zur Aufheizung des Brennraums 14 durch Wärmeleitung umfassen. Dazu kann bspw. eine Kühlmittelvorheizung 52 vorgesehen sein, die eine im Kühlmittelmantel 32 des Verbrennungsmotors 12 angeordnete

20 Heizwicklung 54 enthält. Heizwicklung 54 ist an eine Stromversorgung 56 angeschlossen, wobei der Stromkreis über einen Schalter 58 geschlossen oder geöffnet wird, der vom Steuergerät 20 über eine Wirkverbindung 59 betätigt wird.

25 Alternativ zur Anordnung im Kühlmittelmantel der Zylinder kann eine solche Heizung auch im Zylinderkopf angeordnet sein.

Weiter alternativ oder ergänzend kann eine Schmiermittelvorheizung 60 verwendet werden, die eine

30 Heizwicklung 61 umfasst, die bspw. in einer Ölwanne oder einem Ölsumpf 62 des Verbrennungsmotors 12 angeordnet sein kann. Heizwicklung 61 wird über einen Schalter 63 mit einer Stromversorgung 64 verbunden, wobei Schalter 63 vom Steuergerät 20 über die Wirkverbindung 65 betätigt wird.

35 Dabei können die Wirkverbindungen 43, 59 und 65 bspw. als

separate Leitungen oder Busverbindungen ausgestaltet sein und die Stromversorgungen 40, 56 und 64 können zu einer Einheit, bspw. einer einzelnen Fahrzeugbatterie, zusammengefasst sein.

5

Als weiteres Mittel zur Verbesserung der Verdampfung von Kraftstoff in Brennräumen 14 des Verbrennungsmotors 12 kann ein Mikrowellensender oder Ultraschallsender 66 vorgesehen sein, der Mikrowellen oder Ultraschallwellen 67 in

10 wenigstens einem Brennraum 14 des Verbrennungsmotors 12 emittiert, deren Energie bspw. von einer mikrowellensensitiven oder ultraschallwellensensitiven Beschichtung 68 des Kolbenbodens absorbiert wird und damit den Kolbenboden erwärmt. Eine solche Beschichtung kann auch

15 die Wände des Brennraums 14 bedecken, so dass alternativ oder ergänzend zu einer Mikrowellenheizung des Kolbenbodens auch die Wände des Brennraums 14 mit Mikrowellenenergie oder Ultraschallwellenenergie aufgeheizt werden können.

20 Figur 2 veranschaulicht den Ablauf des erfindungsgemäßen Verfahrens in Form eines Flussdiagramms. Dazu wird in einem Schritt 70 zunächst geprüft, ob der Verbrennungsmotor 12 gestartet werden soll. Diese Frage wird bspw. dann bejaht, wenn der Verbrennungsmotor 12 stillsteht und die in Figur 1

25 dargestellte Funkfernbedienung 26 ein Signal 28 abgibt. Liegt ein solches oder ein anderes, einen Start auslösendes Signal vor, erfolgt in einem Schritt 72 die Prüfung einer Temperaturbedingung. Dabei werden die erfindungsgemäßen Maßnahmen zur Verbesserung der Kraftstoffverdampfung in

30 Brennräumen 14 des Verbrennungsmotors 12 dann ausgelöst, wenn eine Temperatur T des Verbrennungsmotors 12 einen vorbestimmten Schwellenwert T_S unterschreitet. Ist dies der Fall, erfolgt in einem Schritt 74 die Auslösung wenigstens einer Maßnahme zur Verbesserung der

35 Kraftstoffverdampfung in Brennräumen 14, z.B. die Auslösung

einer der Maßnahmen, die vorstehend im Zusammenhang mit der Figur 1 erläutert worden sind. Anschließend wird im Schritt 76 ein Direktstart bevorzugt ohne Unterstützung eines Elektrostarters durch Einspritzung von Kraftstoff in einen Brennraum 14 des Verbrennungsmotors 12 und anschließende Zündung der Füllung dieses Brennraums 14 ausgelöst.

Figur 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Verbesserung der Verdampfung von Kraftstoff in Brennräumen 14 des Verbrennungsmotors 12. Dabei kann das Ausführungsbeispiel der Figur 3 sowohl alternativ als auch ergänzend zu den vorstehend beschriebenen Maßnahmen verwendet werden. Das Flussdiagramm nach der Figur 3 wird aus dem Schritt 72 erreicht, der bereits im Zusammenhang mit der Figur 2 erläutert worden ist. Anschließend wird in einem Schritt 78 zunächst ein Einspritzventil eines Zylinders mit einer Einspritzimpulsbreite t_i angesteuert, das in einem Zylinder des Verbrennungsmotors 12 angeordnet ist, dessen Kolben sich gerade in einer Kompressionsstellung befindet. Als nächstes erfolgt in einem Schritt 80 eine Zündung der resultierenden Brennraumfüllung mit zündfähigem Kraftstoff/Luft-Gemisch. Dadurch, dass die so ausgelöste erste Verbrennung nicht in einem Arbeitstakt, sondern in einem Kompressionstakt erfolgt, erzeugt diese Verbrennung ein Drehmoment, das eine Kurbelwelle des Verbrennungsmotors 12 entgegengesetzt zu ihrer normalen Drehrichtung auslenkt. Diese Auslenkung hat zur Folge, dass die Füllung eines Zylinders, der sich im Stillstand des Verbrennungsmotors 12 in einem Arbeitstakt befand, verdichtet wird. Diese Verdichtung bewegt die in diesem Zylinder 98 eingeschlossene Luftmenge und erwärmt sie. Während oder nach der Verdichtung erfolgt eine Einspritzung von Kraftstoff in diesen Zylinder durch Ansteuern des zugeordneten Einspritzventils mit einer

Einspritzimpulsbreite t_i im Schritt 82. Da diese Einspritzung in eine sich bewegende, erhitzte Brennraumfüllung mit Luft erfolgt, wird eine sehr gute Verdampfung des eingespritzten Kraftstoffs erzielt.

- 5 Anschließend wird die gut aufbereitete Füllung des Brennraums desjenigen Zylinders, der sich noch immer im Arbeitstakt befindet, so gezündet, dass das aus der Verbrennung dieser Brennraumfüllung resultierende Drehmoment die Kurbelwelle des Verbrennungsmotors 12 in
10 ihrer normalen Drehrichtung beschleunigt. Durch entsprechendes Steuern der jeweiligen Einspritzmengen und Zündzeitpunkte wird erreicht, dass diese zweite Verbrennung erheblich mehr Drehmoment liefert als die erste Verbrennung, so dass der Verbrennungsmotor 12 im Folgenden
15 in seiner normalen, richtigen Drehrichtung anläuft.

- Diese Zusammenhänge werden im Folgenden unter Bezug auf die Figur 4 näher erläutert. Figur 4a zeigt eine Kurbelwelle 86 des Verbrennungsmotors 12 aus Figur 1, an die ein erster
20 Kolben 88 über ein erstes Pleuel 90 sowie ein zweiter Kolben 92 über ein zweites Pleuel 94 angelenkt sind. Der erste Kolben 88 oszilliert in einem ersten Zylinder 96 und der zweite Kolben 92 oszilliert in einem zweiten Zylinder
25 98. In der Figur 4a steht die Kurbelwelle 86 still und der erste Kolben 88 befindet sich in einer Kompressionsstellung, während der zweite Kolben 92 im zweiten Zylinder 98 in einer Arbeitstaktstellung steht. Durch eine Einspritzung über ein erstes Einspritzventil in den ersten Zylinder, der sich in der einer
30 Kompressionsstellung befindet, wird dort ein brennfähiges Kraftstoff/Luft-Gemisch erzeugt, das anschließend durch eine erste Zündkerze 102 gezündet wird, wie es in der Figur 4b dargestellt ist. Parallel zur Zündung der Füllung des ersten Zylinders 96 erfolgt eine Einspritzung von

Kraftstoff in den zweiten Zylinder 98 über ein zweites Einspritzventil 104.

5 In der Figur 4c ist dargestellt, wie eine erste Verbrennung 106 im ersten Zylinder 96 zunächst die Kurbelwelle 86 rechts herumdreht, wie es durch den Pfeil 108 verdeutlicht wird. Durch diese, dem normalen Drehsinn der Kurbelwelle 86 entgegengesetzte Drehrichtung, wird der zweite Kolben 92 im zweiten Zylinder 98 nach oben bewegt und verdichtet die in
10 diesem Zylinder eingeschlossene Brennraumfüllung.

Anschließend wird, wie es in der Figur 4d dargestellt ist, die durch die vorhergehende Verdichtung sehr gut aufbereitete Brennraumfüllung im zweiten Zylinder 98 mit
15 Hilfe einer zweiten Zündkerze 110 gezündet. Dabei erfolgt die Zündung zu einem Zeitpunkt, der das aus der Verbrennung 114 der Brennraumfüllung des zweiten Zylinders resultierende Drehmoment so auf die Kurbelwelle 86 einwirken lässt, dass diese in ihrer normalen Drehrichtung
20 beschleunigt wird. Durch die vorhergehende Verdichtung ist die Gemischaufbereitung im zweiten Zylinder so gut gewesen, dass die Verbrennung 114 ein sehr kräftiges Drehmoment entwickelt, das den Motor anschließend in seiner normalen
25 Drehrichtung 112 weiter anlaufen lässt.

R.304177

11.02.2003

5 Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

Ansprüche

10

1. Verfahren zum Direktstart eines Verbrennungsmotors (12) mit direkter Einspritzung von Kraftstoff in mit Luft gefüllte Brennräume (14) des Verbrennungsmotors (12), dadurch gekennzeichnet, dass bei einer Starttemperatur T_S unterhalb eines vorbestimmten Schwellenwertes T_S wenigstens eine Maßnahme zur verbesserten Verdampfung des Kraftstoffes in den Brennräumen (12) ausgelöst wird.

15

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Maßnahme eine vor dem Direktstart erfolgende Erhöhung der Brennraumtemperatur umfasst.

20

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erhöhung der Brennraumtemperatur wenigstens eine der folgenden Schritte ausgelöst werden:

25

- Einblasen von vorgewärmter Luft in Brennräume (14) des Verbrennungsmotors (12);
- Aktivieren einer in einem Zylinderkopf des Verbrennungsmotors (12) angeordneten Heizvorrichtung (66);

30

- Aktivieren einer Heizvorrichtung in Zylinderwänden des Verbrennungsmotors (12);
- Aktivieren einer Heizung (52) des Kühlwasserkreislaufes und Umwälzen des Kühlmittels mit einer Umwälzpumpe; und
- Aktivierung einer Heizung von Kolbenböden des Verbrennungsmotors (12).

5

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der in Brennräume (14) des Verbrennungsmotors (12) einzuspritzende Kraftstoff vor der Einspritzung erwärmt wird.

10

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, eine Heizung von Einspritzventilen (22) und/oder von anderen kraftstoffführenden Bereichen (44) aktiviert wird.

15

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zusätzlich eine Heizung (60) eines Schmiermittelkreislaufes des Verbrennungsmotors (12) aktiviert wird.

20

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Maßnahme vor einem Start des Verbrennungsmotors (12) aktiviert wird.

25

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

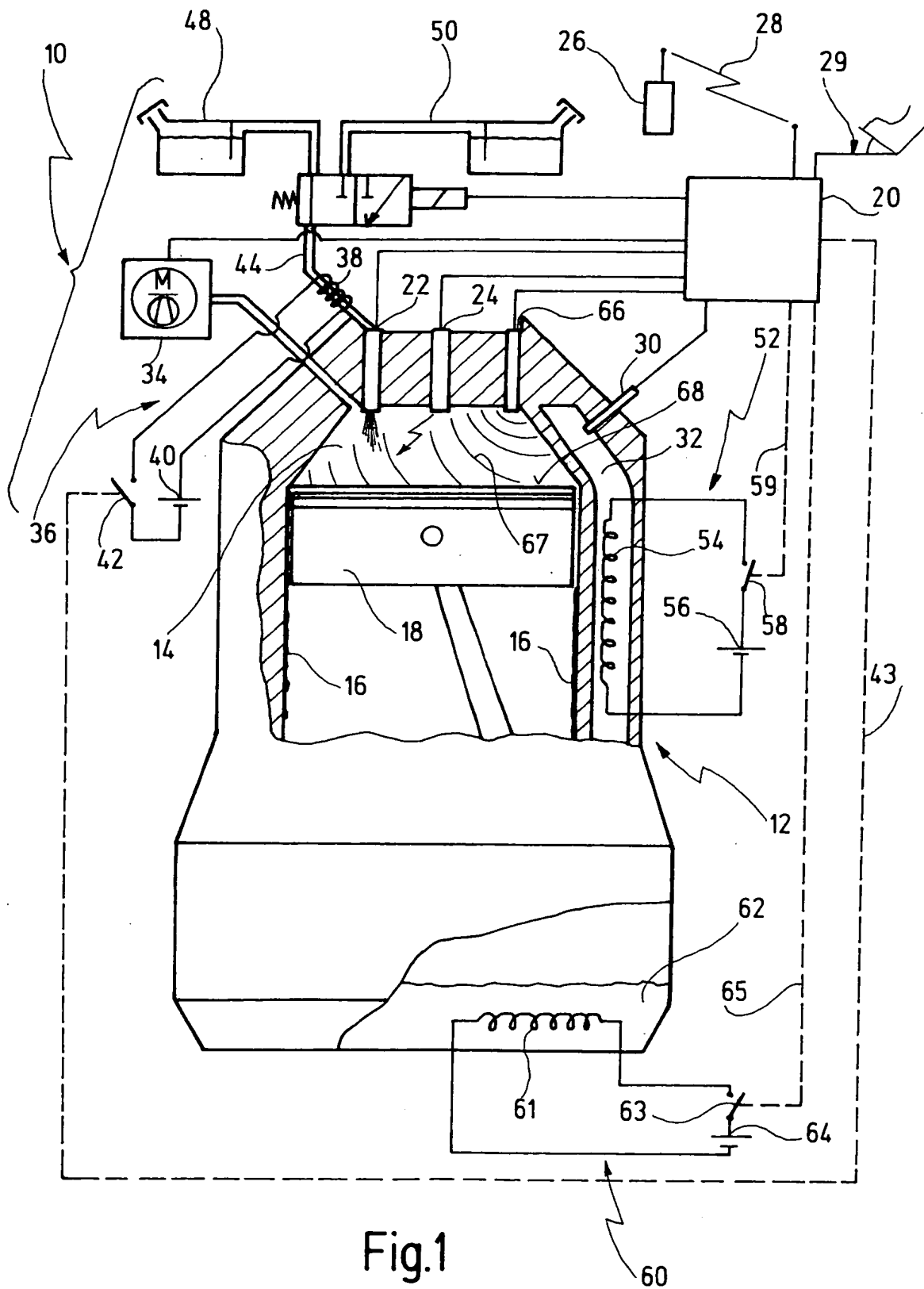
dadurch gekennzeichnet, das die Maßnahme durch einen vor dem Start liegenden Vorgang (28), der einem Start notwendig vorausgeht, ausgelöst wird.

- 5 9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Maßnahme durch ein Fernbedienungssignal (28) zur Öffnung einer Tür eines Kraftfahrzeugs ausgelöst wird.
- 10 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass alternativ oder ergänzend zu den vorstehend genannten Maßnahmen wenigstens bei der ersten für einen Direktstart erfolgenden Einspritzung ein Startkraftstoff eingespritzt wird, der einen höheren Dampfdruck besitzt als der für den weiteren Betrieb des
- 15 Verbrennungsmotors (12) im Folgenden eingespritzte Kraftstoff.
- 25 11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass als Startkraftstoff Wasserstoff verwendet wird, der während einer vorhergehenden Fahrt durch eine im Fahrzeug erfolgende Elektrolyse aus mitgeführtem Wasser erzeugt wird und der bis zum nachfolgenden Start in einem Druckspeicher gespeichert werden und beim Start mit Sauerstoff aus der Umgebungsluft oder mit alternativ oder ergänzend
- 25 zugeführten Sauerstoff verbrannt wird, der während der Elektrolyse neben dem Wasserstoff erzeugt wurde.
- 30 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Verbrennungsmotor (12) mit mehreren Zylindern (96, 98) zunächst eine

Verbrennung (106) in einem Zylinder (96) ausgelöst wird, der sich im Kompressionstakt befindet, so dass eine Kurbelwelle (86) des Verbrennungsmotors (12) zunächst entgegengesetzt zu ihrer normalen Drehrichtung (112)

5 beschleunigt wird, was eine Kompression in einem Zylinder (98) bewirkt, der sich im Arbeitstakt befindet, und dass dann eine Verbrennung (114) in diesem Zylinder (98) ausgelöst wird, die die Kurbelwelle (86) des Verbrennungsmotors (12) in ihrer normalen Drehrichtung
10 (112) beschleunigt.

13. Steuergerät (20) zur Steuerung eines Direktstarts eines Verbrennungsmotors (12), dadurch gekennzeichnet, dass das Steuergerät (20) wenigstens eines der Verfahren nach
15 den Ansprüchen 1 bis 12 ausführt.



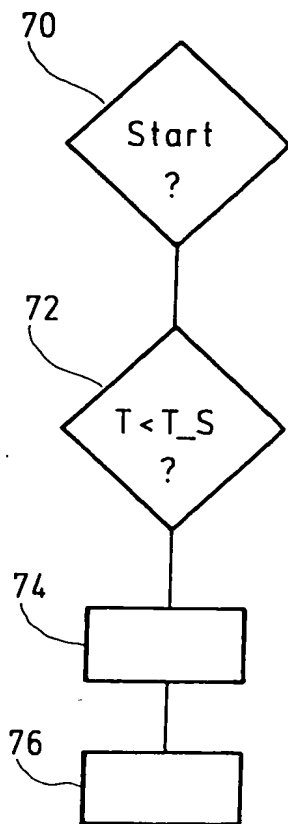


Fig.2

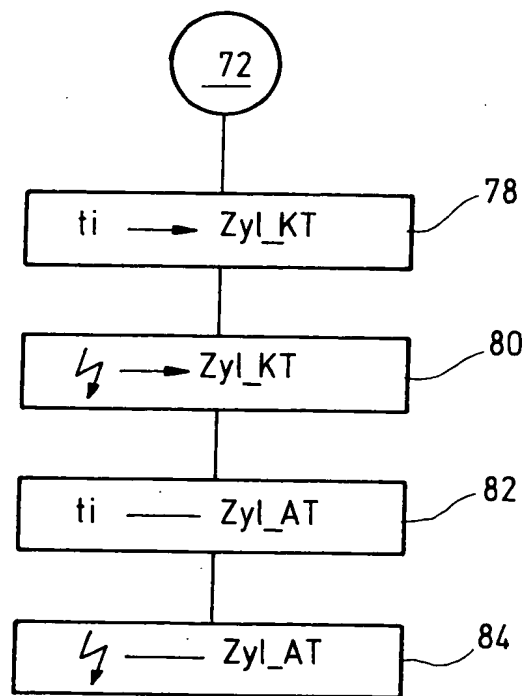


Fig.3

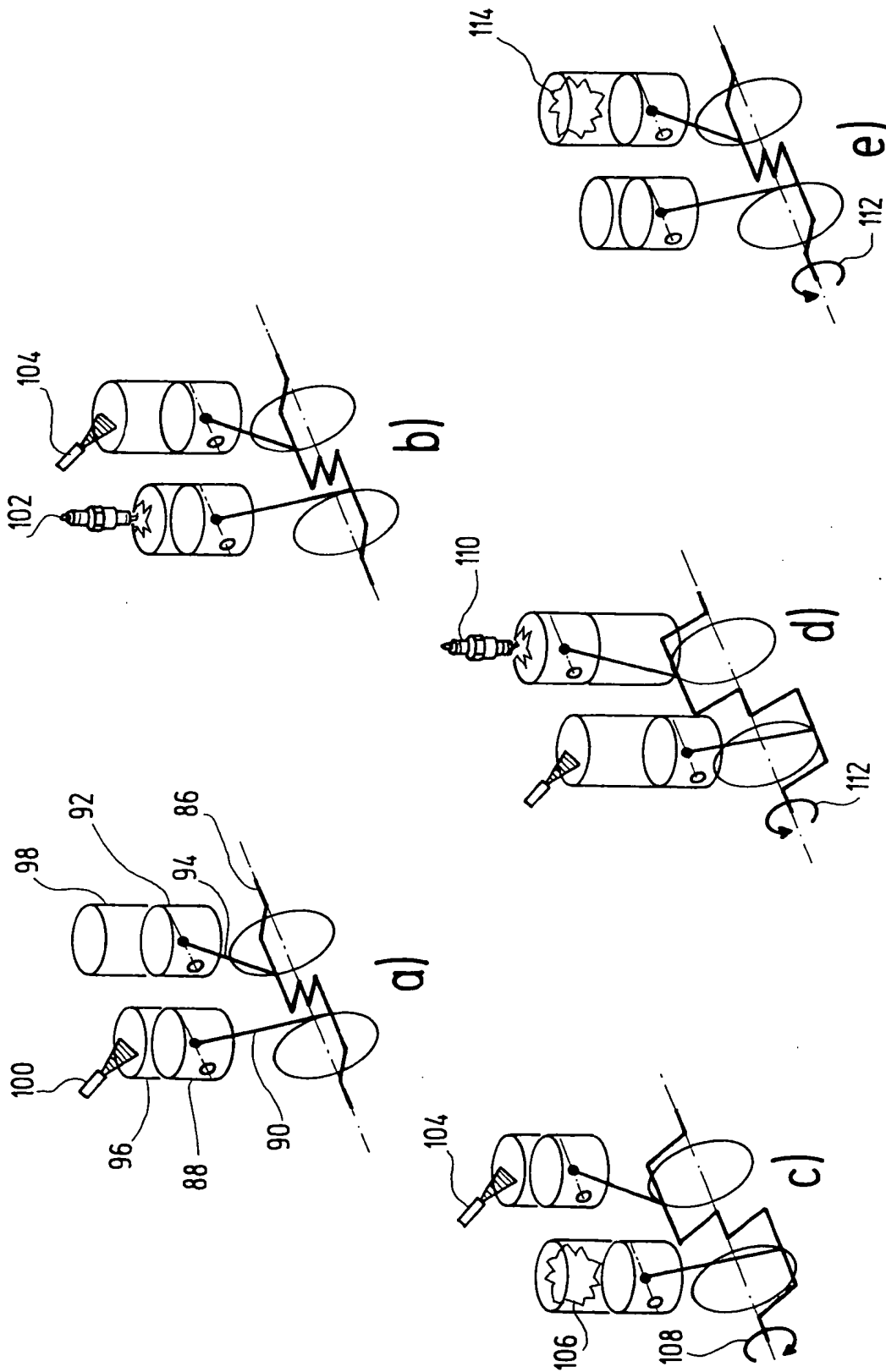


Fig. 4

5 11.02.2003 CME/NEG
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Verfahren zur Steuerung eines Direktstarts eines
Verbrennungsmotors

15 Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Direktstart eines
Verbrennungsmotors (12) mit direkter Einspritzung von
Kraftstoff in mit Luft gefüllte Brennräume (14) des
20 Verbrennungsmotors (12). Das Verfahren zeichnet sich
dadurch aus, dass bei einer Starttemperatur T_S unterhalb
eines vorbestimmten Schwellenwertes T_S wenigstens eine
Maßnahme zur verbesserten Verdampfung des Kraftstoffes in
den Brennräumen (12) ausgelöst wird. Die Erfindung betrifft
25 ferner ein Steuergerät (20) zur Steuerung eines
Direktstarts eines Verbrennungsmotors (12), das ein solches
Verfahren ausführt. Figur 1

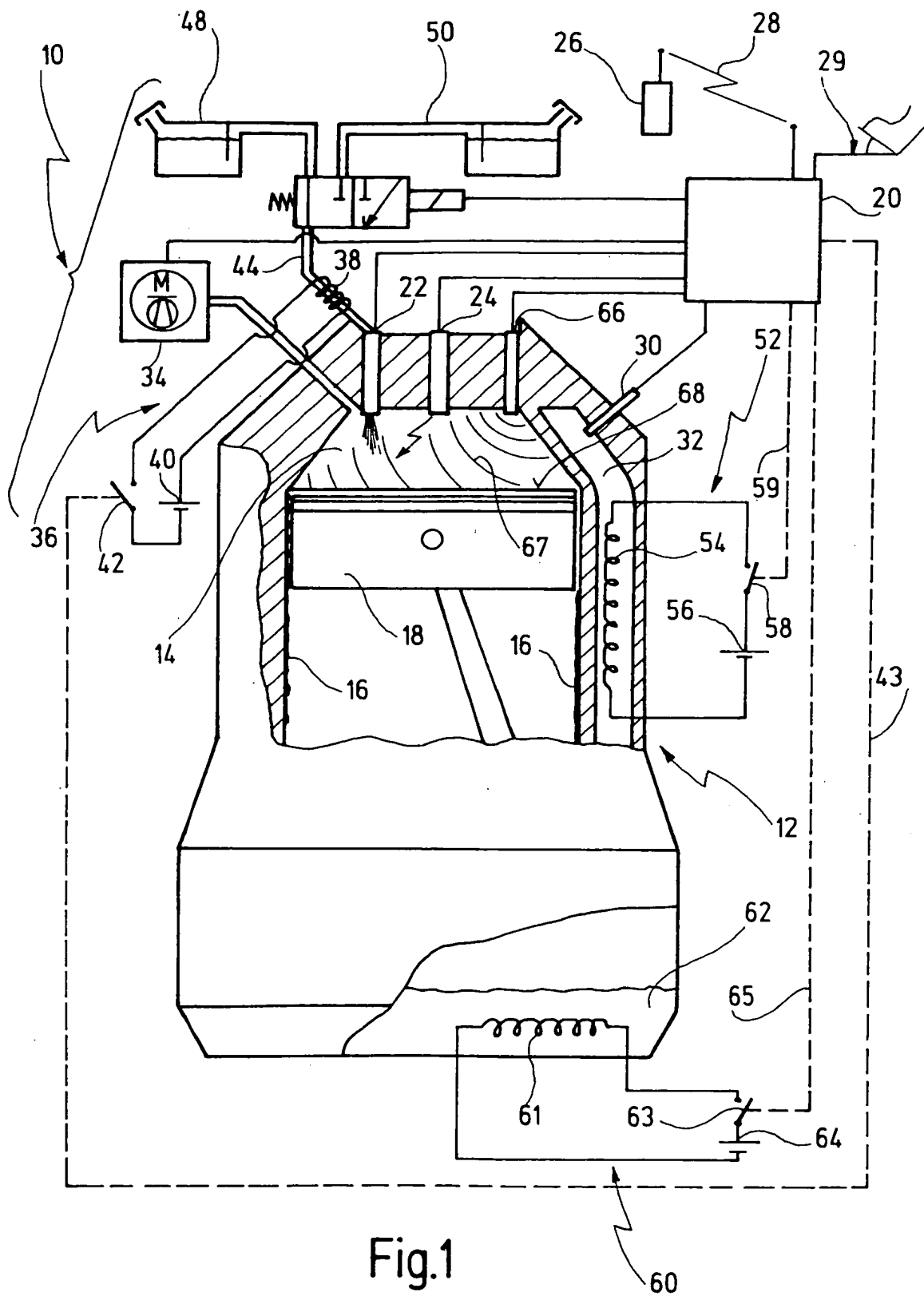


Fig.1